Deutscher Bundestag
11. Wahlperiode

Drucksache 11/6355

05. 02. 90

Antwort

der Bundesregierung

auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Frau Teubner und der Fraktion DIE GRÜNEN
— Drucksache 11/6235 —

Schäden in Atomkraftwerken bei Materialien aus dem Werkstoff Inconel X 750

Der Parlamentarische Staatssekretär beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Grüner, hat mit Schreiben vom 2. Februar 1990 die Kleine Anfrage namens der Bundesregierung wie folgt beantwortet:

Bei bundesdeutschen Atomkraftwerken sind Schäden an Strukturmaterialien der Reaktorkerne festgestellt worden. Dabei stellte sich heraus, daß die Komponenten aus dem Werkstoff Inconel X 750 Schäden aufwiesen.

1. Seit wann ist bekannt, daß Strukturmaterialien, die aus dem Werkstoff Inconel X 750 konstruiert sind, in bundesdeutschen Atomkraftwerken Schäden zeigen?

Der auf einer Nickelbasislegierung gefertigte Werkstoff Inconel X 750 wird im Bereich der Reaktordruckbehälter-Einbauten von Leichtwasserreaktoren für Verbindungselemente in Form von Schrauben, Stiften, Federn, Bolzen und andere Konstruktionskleinteile eingesetzt. Erste Hinweise auf Schäden an einzelnen Bauteilen aus dem Werkstoff Inconel X 750 in bundesdeutschen Kernkraftwerken ergaben sich Ende 1978.

Bezogen auf die Gesamtmenge der jeweils im Einsatz befindlichen Konstruktionselemente lag bzw. liegt der Anteil der schadhaften Teile im Bereich weniger Prozente.

2. Bei welchen Komponenten von Reaktorbauteilen sind bisher Schäden festgestellt worden?

Systematische Schäden an Konstruktionselementen aus dem Werkstoff Inconel X 750 traten in Druckwasserreaktoren an Kernbehälter- und Kernumfassungsschrauben sowie an Brennelement-Zentrierstiften des oberen Kerngerüstes und in Siedewasserreaktoren an Schrauben der Brennelementkastenbefestigung auf.

Ferner wurden vereinzelt Schäden an Federelementen und an Montagehilfsmitteln festgestellt, die aber in ihrer Summe unbedeutend sind und die Eignung des Werkstoffs Inconel X 750 für diese Bauteile in keiner Weise in Frage stellen.

3. In welchen Atomkraftwerken sind jeweils die unter Frage 2 genannten Schäden zu welchen Zeitpunkten erstmals festgestellt worden?

Schäden an Bauteilen aus dem Werkstoff Inconel X 750 wurden an folgenden Bauteilen in folgenden Kernkraftwerken zu den angegebenen Zeitpunkten erstmals festgestellt:

- an Kernbehälter- und Kernumfassungsschrauben: in Biblis Block A im Jahr 1979, in Biblis Block B (1980), im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar, Block 1 (1981), in Unterweser (1986) und in Stade (1989);
- an Brennelement-Zentrierstiften des oberen Kerngerüstes: im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar, Block 1 im Jahr 1980, in Grafenrheinfeld (1983), in Obrigheim (1984), in Biblis Block A (1985), in Grohnde (1987), in Unterweser (1988), in Brokdorf (1988), in Biblis Block B (1989) und in Philippsburg 2 (1989);
- an Schrauben der Brennelementkastenbefestigung: in Brunsbüttel im Jahr 1983, in Isar Block 1 (1984), in Würgassen (1984), in Gundremmingen Block B (1985) und in Krümmel (1984).

4. Welche Funktion haben die unter Frage 2 genannten Komponenten im Normalbetrieb bei Vollastabgabe?

Die genannten Konstruktionselemente

(1) Schrauben am Kernbehälter und Kernumfassung bei Druckwasserreaktoren,

(2) Brennelement-Zentrierstifte bei Druckwasserreaktoren,

(3) Befestigungsschrauben der Brennelementkästen bei Siedewasserreaktoren

haben folgende Funktionen:

(1) Die Brennelemente im Reaktordruckbehälter sind in ihrer Gesamtheit von der vieleckigen Kernumfassung und diese wiederum von dem zylindrischen Kernbehälter umgeben. Dadurch soll bei allen Betriebszuständen und bei Störfällen eine gezielte Strömungsführung des Kühlmittels durch den Reaktorkern gewährleistet werden. Zur Erhaltung dieser Geometrie sind die einzelnen Bleche der Kernumfassung sowie die Formrippen zwischen der Kernumfassung und dem Kernbehälter durch Schrau-

ben (Kernbehälter- und Kernumfassungsschrauben) miteinander verbunden. Die Gesamtzahl dieser Schrauben liegt je nach Kernkraftwerk zwischen 1000 und 2000. Bei den Konvoi-Anlagen (Emsland, Isar Block 2 und Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar-2) gibt es keine Schrauben. Dort sind die genannten Teile miteinander verschweißt.

(2) Zur Feinzentrierung der Brennelemente in radialer Richtung im Reaktorkern werden bei Druckwasserreaktoren oberhalb und unterhalb der Brennelemente Gitterplatten mit Brennelement-Zentrierstiften eingesetzt. Pro Brennelement greifen je zwei Zentrierstifte der oberen und unteren Gitterplatte in entsprechende Bohrungen der Brennelementköpfe und -füße. Die obere und untere Gitterplatte enthalten damit je nach Kernkraftwerk zwischen 240 und etwa 400 Zentrierstifte.

(3) Bei Siedewasserreaktoren sind die Brennelemente von Brennelementkästen umgeben. Brennelementkasten, Kastenbefestigung und die obere Gitterplatte sind mittels einer Befestigungsschraube verbunden. Jedes Brennelement besitzt eine Kastenbefestigungsschraube. Eine Funktion während des Betriebes haben diese Kastenbefestigungsschrauben nicht.

5. Welche Ereignisfolgen können eintreten, wenn bei Störfällen die unter Frage 2 genannten Komponenten jeweils einen vollständigen Funktionsverlust zeigen?

Die möglichen Ereignisfolgen bei Schäden an den genannten Konstruktionselementen im Normalbetrieb und bei Störfällen sind insbesondere nach Auftreten der einzelnen Schäden intensiv untersucht worden:

(1) Der gehäufte Ausfall von Behälter- und Kernumfassungsschrauben kann zu Veränderungen von Spaltweiten in der Kernumfassung und damit zu einer Querströmung des Kühlmittels führen. Dadurch können Beschädigungen an einzelnen Brennstäben der äußeren Brennelemente auftreten, die zu einer Erhöhung der Primärkühlmittelaktivität führen. Der Beginn solcher systematischen Schäden wird aber aufgrund kontinuierlich arbeitender Überwachungssysteme frühzeitig erkannt. Die Gutachter kommen im Hinblick auf den anzunehmenden begrenzten Umfang der Schäden zu dem Ergebnis, daß auch bei Störfällen eine ausreichende Funktion der Strömungsführung gegeben ist. Ein Funktionsverlust einer großen Anzahl von Schrauben kann ausgeschlossen werden, da der wirksame Schadensmechanismus (Spannungsrißkorrision) ein zeitabhängiger Vorgang ist und die Randbedingungen für diesen Schadensmechanismus nicht an jeder Stelle gleichartig vorliegen.

(2) Aufgrund der dichten Anordnung der Brennelemente (Spalt zwischen den Brennelementköpfen 0,4 mm), der Abstützung der Brennelemente an der oberen Gitterplatte über Federpakete und der seitlichen Fixierung über die Kernumfassung ist eine größere Beweglichkeit der Brennelemente im Betrieb und bei Störfällen auch bei Annahme eines Bruches von mehreren Zentrierstiften

nicht gegeben. Eigens durchgeführte Untersuchungen haben dies nachgewiesen. Die Betriebserfahrung hat weiterhin gezeigt, daß schadhafte Brennelement-Zentrierstifte in den Bohrungen der Brennelemente verbleiben und kein Potential für weitere Folgeschäden durch vagabundierende Teile bilden. Folgeschäden durch fehlende Zentrierstifte sind daher im Betrieb und bei Störfällen nicht zu erwarten. Bisher sind nur Schäden an Zentrierstiften der oberen Gitterplatte festgestellt worden, die einer höheren betrieblichen Belastung ausgesetzt sind als die Zentrierstifte der unteren Gitterplatte.

(3) Da die Kastenbefestigungsschrauben im Betrieb keine Funktion haben, kommt als Folgeschaden allenfalls das Loslösen von Schrauben in Betracht. Wegen der Geometrie und des Einbauortes der Kastenbefestigung ist nicht zu erwarten, daß es durch lose Kastenbefestigungsschrauben zu Schäden an Brennelementen oder Kerneinbauten kommt, da im Bereich der Kerngitterplatte die Strömungsgeschwindigkeiten bereits gering sind. Der ungünstigste Fall ergäbe sich, wenn eine Befestigungsschraube im Bereich ihres Sicherungsstiftes brechen würde. Plausibilitätsbetrachtungen zeigen, daß ein Eindringen gebrochener Kastenbefestigungsschrauben in den Steuerstabfahrraum auszuschließen ist. Ein Eindringen eines Federringes in den Verfahrraum ist möglich; die Kraft zur Überwindung der dadurch eventuell erhöhten Reibung kann vom elektromotorischen Stellantrieb aufgebracht werden. Während des Leistungsbetriebes wird die Verfahrbarkeit der Steuerstäbe periodisch überprüft, so daß eine Schwergängigkeit eines Steuerstabes entdeckt würde. Lose Schraubenteile können von der Kühlmittelströmung aus dem Reaktordruckbehälter nicht ausgetragen werden.

6. Welche Arten von Materialschäden sind jeweils bei den unter Frage 2 genannten Komponenten aufgetreten?

Die aufgetretenen Materialschäden an den genannten Konstruktionselementen sind überwiegend auf interkristalline Spannungsrißkorrosion zurückzuführen, d. h. auf Rißbildung mit interkristallinem Verlauf im Metall durch Zugbeanspruchung bei gleichzeitiger Einwirkung von Korrosionsmedien. Vereinzelt wurden in Teilbereichen des Bruchbildes auch Anzeigen von Schwingungsrißkorrosion festgestellt.

7. Welche Ursachen haben die unter Frage 6 genannten Arten von Materialschäden?

Nach den heute vorliegenden Erfahrungen und Erkenntnissen können ausscheidungshärtbare hochfeste Werkstoffe auf Nickelbasis, wie Inconel X 750, in reinem Hochtemperaturwasser anfällig gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion sein. Die Rißempfindlichkeit hängt wesentlich vom Wärmebehandlungszustand des Werkstoffes ab. Andere Einflußgrößen können aber nicht vollständig ausgeschlossen werden.

8. Wie viele Bauteile der unter Frage 2 genannten Komponenten zeigten jeweils bei den unter Frage 3 genannten Reaktoren Schäden, und bei wie vielen Komponenten (in Prozent) ist ein vollständiger Funktionsverlust festgestellt worden?

(1) Bezüglich der Kernbehälter- und Kernumfassungsschrauben aus dem Werkstoff Inconel X 750 wurde die größte Anzahl an defekten Schrauben (gebrochene Schrauben und Schrauben mit Befunden) im Jahr 1986 im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar Block 1 festgestellt (im gleichen Jahr wurde mit sukzessiven Austausch der Inconel-Schrauben gegen austenitische Schrauben begonnen). Die Anzahl der defekten Schrauben lag bei 89 und entspricht bei einer Gesamtzahl von 1 408 Schrauben einem Anteil von 6,3 Prozent. In allen anderen Druckwasserreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland, in denen Inconel-Schrauben bei dem Kernbehälter und der Kernumfassung zum Teil (Biblis Block A und B, Unterweser) oder in Gänze (Stade) zum Einsatz kamen, war dieser Anteil an defekten Schrauben deutlich geringer. Inzwischen sind bei allen diesen Kernkraftwerken – außer Stade – alle Inconel-Schrauben gegen solche aus dem austenitischen Stahl 1.4571 ersetzt worden. In Stade wurde 1989 mit dem Austausch der Inconel-Schrauben begonnen, der in der Revision 1990 abgeschlossen werden soll.

(2) Erstmals 1989 wurden in den Druckwasserreaktoren während der Revision die Zentrierstifte aus Inconel X 750 der oberen Gitterplatte in großem Umfang ultraschallgeprüft. Danach ergab sich folgendes Schadensbild

- bezüglich gebrochener Zentrierstifte seit der Inbetriebnahme: 18 im Kernkraftwerk Unterweser (entspricht einem Anteil von 5,5 Prozent), 7 in Obrigheim (< 3 Prozent), ansonsten lag der Anteil an gebrochenen Zentrierstiften bei den übrigen Druckwasserreaktoren zwischen 0 Prozent und 1,5 Prozent.
- bezüglich Zentrierstiften mit Befunden (durch Ultraschallprüfung festgestellte angerissene Zentrierstifte): 7,5 Prozent bei Unterweser und Obrigheim, 6 Prozent bei Philippsburg Block 2, 5 Prozent bei Biblis Block B, bei den übrigen Kernkraftwerken zwischen 0 Prozent und 3 Prozent.

Gebrochene und befundbehaftete Brennelement-Zentrierstifte wurden 1989 in den Kernkraftwerken Obrigheim, Biblis Bock A und B, Unterweser, Grafenrheinfeld und im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar Block 1 (dort schon ab 1987) durch solche aus dem austenitischen Stahl 1.4571 ersetzt.

(3) Die Brennelement-Kastenbefestigungsschrauben in den Siedewasserreaktoren (eine Schraube pro Brennelement) haben im Betrieb keine Funktion. Die festgestellten Schäden lagen im Bereich einiger Prozente der gesamten Schraubenzahl:

Würgassen (8 Prozent), Krümmel (6 Prozent), Gundremmingen Block B (1,5 Prozent), Isar Block 1 und Brunsbüttel (kleiner 1 Prozent).

Bis auf die Blöcke B und C des Kernkraftwerkes Gundremmingen und des Kernkraftwerkes Philippsburg 1 sind in den Siedewasser-

reaktoren die alten Kastenbefestigungsschrauben gegen Schrauben eines neuen Typs (aus Inconel X 718 bzw. aus dem optimiert wärmebehandelten Inconel X 750) ausgetauscht worden. Im Kernkraftwerk Gundremmingen werden die restlichen alten Schrauben in den Jahresrevisionen 1990 gegen neue ausgewechselt. Im Kernkraftwerk Philippsburg Block 1 werden die restlichen alten Schrauben in den Revisionen 1990 und 1991 ausgetauscht.

9. Welche Maßnahmen leiteten die Aufsichtsbehörden der Länder für die unter Frage 3 genannten Reaktoren ein, nachdem die o. g. Schäden bekannt wurden?

10. Welche Maßnahmen leiteten die zuständigen Bundesministerien daraufhin ein?

Nach Auftreten der Schäden erfolgten in den einzelnen Anlagen jeweils Überprüfungen und eine sicherheitstechnische Bewertung durch die von den atomrechtlichen Aufsichtsbehörden hinzugezogenen Sachverständigen. Die Landesbehörden haben dem Weiterbetrieb der Anlagen erst zugestimmt, nachdem die Gutachter bestätigt hatten, daß die Sicherheit der Anlage und Integrität der jeweiligen Komponenten beim Betrieb und bei den zu unterstellenden Störfällen gegeben sind. Sie haben sich dabei auch auf die im Rahmen der Bundesaufsicht vom zuständigen Bundesminister veranlaßten Maßnahmen abgestützt.

Der für die atomrechtliche Bundesaufsicht zuständige Bundesminister hat sich frühzeitig über die aufgetretenen Schäden von den atomrechtlichen Landesbehörden berichten lassen und aufsichtsbegleitende Gutachten sowie Weiterleitungsnachrichten erstellen und die sicherheitstechnischen Fragen in der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) beraten lassen.

Die RSK hat sich mit den Schäden an Kernumfassungsschrauben des Kernkraftwerks Biblis am 24. September 1990 und mit denen im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar Block 1 und den übrigen Kernkraftwerken am 18. Februar 1987 befaßt. Sie kam zu dem Ergebnis, daß ein sofortiger Gesamtaustausch nicht notwendig ist, da durch die festgelegten Prüfungen und den sukzessiven Ersatz sowohl der defekten als auch zusätzlicher intakter Schrauben das Verhalten der zur Strömungsführung des Kühlmittels dienender Kernumfassungsbleche hinreichend unter Kontrolle bleibt. Mit umfangreichen Schäden an Brennelementen ist daher weder im Betrieb noch für den Fall unterstellter Kühlmittelverluststörfälle zu rechnen. Sie weist ausdrücklich darauf hin, daß im Schadensfall nur Brennelemente im Außenkranz des Reaktorkerns betroffen sein können.

Die Bundesregierung und die zuständigen Landesbehörden haben sich dieser Bewertung angeschlossen. Der Austausch aller Inconel-Schrauben in den betroffenen Kernkraftwerken wurde beschleunigt durchgeführt.

Die bis 1988 vereinzelt aufgetretenen Schäden an den Brennelement-Zentrierstiften der oberen Gitterplatte hat der BMU zusätzlich zu den von den atomrechtlichen Aufsichtsbehörden veranlaß-

ten Prüfungen übergreifend durch die Gesellschaft für Reaktorsicherheit bewerten lassen. Danach sind Folgeschäden durch den Bruch einzelner Zentrierstifte sowohl unter Betriebsbedingungen als auch im Störfall nicht zu erwarten.

Im Jahr 1989 wurden in den deutschen Kernkraftwerken erstmalig in großem Umfang Ultraschallprüfungen an den Brennelement-Zentrierstiften vorgenommen. Der BMU hat diesen neuen Erkenntnisstand zum Anlaß genommen, die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) und die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) zu beauftragen, diesen Sachverhalt sicherheitstechnisch zu bewerten. Darüber hinaus hat BMU alle diesbezüglichen anlagenspezifischen Stellungnahmen der Gutachter bei den Landesbehörden angefordert. Die Beratungen in der RSK sind für Anfang dieses Jahres vorgesehen. Eine erste Bewertung durch die GRS ergibt, daß die überwiegende Zahl der festgestellten Brüche einzelner Zentrierstifte im Kernrandbereich liegt und daß ein unmittelbarer Handlungsbedarf nicht gegeben ist.

Bezüglich der Schäden an den Schrauben der Brennelement-Kastenbefestigungen bei Siedewasserreaktoren äußerte die Reaktor-Sicherheitskommission aufgrund ihrer Beratungen im Jahr 1984 keine sicherheitstechnischen Bedenken. Sie stimmte zu, daß die Optimierung der Kastenbefestigung bei dem jeweiligen Wechsel der Brennelementkästen schrittweise vorgenommen wird.

11. Welche Maßnahmen wurden bei den unter Frage 3 genannten Reaktoren zu welchen Zeitpunkten getroffen, um die festgestellten Schäden zu beseitigen?

Auf die Antworten zu den Fragen 8 bis 10 wird verwiesen.

12. Werden heute noch Ersatzteilkomponenten oder neue Komponenten für Kernreaktoren aus dem Werkstoff Inconel X 750 gefertigt?

Wenn ja, welche Gründe liegen dafür vor?

Kernbehälter- und Kernumfassungsschrauben sowie Brennelement-Zentrierstifte aus dem Werkstoff Inconel X 750 werden als Ersatz- oder Neukomponenten nicht mehr verwendet.

Für die Ersatz-Brennelement-Kastenbefestigungsschrauben in den Siedewasserreaktoren wird teilweise der Werkstoff Inconel X 718 verwendet. Nachdem jedoch Untersuchungen ergeben haben, daß der optimiert wärmebehandelte Werkstoff Inconel X 750 noch günstigere Eigenschaften aufweist, werden jetzt auch Ersatzschrauben aus diesem Werkstoff wieder eingesetzt.

Für andere Konstruktionsteile, bei denen sich der Werkstoff Inconel X 750 im langfristigen Betrieb als geeignet bewährt hat (z. B. bei Federelementen), ist eine Umstellung auf einen anderen Werkstoff nicht vorgesehen.

13. Gibt es Werkstoffe, die den Werkstoff Inconel X 750 gleichwertig ersetzen können, und beabsichtigt die Bundesregierung, die Anwendung dieser Werkstoffe verbindlich für Reaktorkomponenten zu erklären?

Anstelle des Werkstoffes Inconel X 750 wird heutzutage für die Schrauben des Kernbehälters und der Kernumfassung der kaltverfestigte stabilisierte austenitische Chrom-Nickelstahl 1.4571 und für die Brennelement-Zentrierstifte der gleiche Werkstoff mit einer Hartbeschichtung verwendet.

Für die Brennelement-Kastenbefestigungsschrauben werden die Werkstoffe Inconel X 718 bzw. Inconel X 750 optimiert wärmebehandelt verwendet.

Nach dem vorliegenden Stand der Erkenntnisse und Betriebserfahrungen sind obige Werkstoffe bei gleicher Eignung für die genannten Verwendungszwecke weniger empfindlich gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion.

Die Umstellung auf die vorgenannten Werkstoffe ist schon weitgehend vorgenommen worden und wird – soweit sicherheitstechnisch erforderlich – auch weiterhin fortgeführt werden. Über Notwendigkeit und Umfang ist anlagenspezifisch durch die zuständige atomrechtliche Landesbehörde unter Einschaltung von Sachverständigen zu entscheiden. Der für die Bundesaufsicht zuständige BMU wird dies aufsichtsbegleitend verfolgen.

Druck: Thenée Druck KG, 5300 Bonn, Telefon 23 19 67
Alleinvertrieb: Verlag Dr. Hans Heger, Postfach 20 13 63, Herderstraße 56, 5300 Bonn 2, Telefon (02 28) 36 35 51, Telefax (02 28) 36 12 75
ISSN 0722-8333